

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Hiroaki TANIUCHI, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: CEMENT COMPOSITE, CONCRETE, CONCRETE CASK AND METHOD OF MANUFACTURING  
CONCRETE

**REQUEST FOR PRIORITY**

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.

Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed

Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2002-209842	July 18, 2002
Japan	2003-024209	January 31, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

are submitted herewith

will be submitted prior to payment of the Final Fee

were filed in prior application Serial No. filed

were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

(A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and

(B) Application Serial No.(s)  
 are submitted herewith  
 will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



\_\_\_\_\_  
Norman F. Oblon

Registration No. 24,618



22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 7月18日

出願番号

Application Number:

特願2002-209842

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-209842 ]

出願人

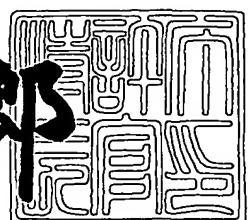
Applicant(s):

株式会社神戸製鋼所  
大成建設株式会社

2003年 5月30日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3040799

【書類名】 特許願

【整理番号】 20718024

【提出日】 平成14年 7月18日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G21F 9/36

【発明の名称】 組成物、硬化体、コンクリートキャスク、および硬化体の製造方法

【請求項の数】 11

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号 株式会社神戸  
製鋼所 高砂製作所内

【氏名】 谷内 廣明

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号 株式会社神戸  
製鋼所 高砂製作所内

【氏名】 下条 純

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿1丁目25番地1号 大成建設株式  
会社内

【氏名】 杉原 豊

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿1丁目25番地1号 大成建設株式  
会社内

【氏名】 大脇 英司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿1丁目25番地1号 大成建設株式  
会社内

【氏名】 岡本 礼子

【特許出願人】

【識別番号】 000001199

【氏名又は名称】 株式会社神戸製鋼所

【特許出願人】

【識別番号】 000206211

【氏名又は名称】 大成建設株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089196

【弁理士】

【氏名又は名称】 梶 良之

【選任した代理人】

【識別番号】 100104226

【弁理士】

【氏名又は名称】 須原 誠

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014731

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103969

【包括委任状番号】 0000795

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 組成物、硬化体、コンクリートキャスク、および硬化体の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率が15～60 mass%となるように混合された組成物。

【請求項2】 ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率が20～40 mass%となるように混合された組成物。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の組成物に、粒状、粉末状、纖維状の何れかの形状の鉄、炭素鋼、ステンレス鋼の少なくとも何れか1種類の金属材料が、水和反応による硬化後において含有率10～70 mass%となるように混合された組成物。

【請求項4】 請求項1～3の何れか1項に記載の組成物において、前記混合セメントが、高炉スラグ、高炉水碎スラグ、高炉徐冷スラグ、徐冷スラグ、転炉スラグ、銅スラグ、フェロニッケルスラグ、シリカフューム、フライアッシュ、石炭灰、白土、しらす、珪藻土、穀物灰、の少なくとも何れか1種類と、ポルトランドセメントとの混合物である組成物。

【請求項5】 請求項1～4の何れか1項に記載の組成物に、水和反応による硬化後において中性子吸収材料が0.025～1.0 mass%含有されるように混合された組成物。

【請求項6】 前記中性子吸収材料が、炭化ホウ素、ホウ酸、酸化ホウ素、フェロボロン、ボロン入りステンレス鋼のうちの少なくとも何れか1種類である請求項5に記載の組成物。

【請求項7】 請求項1～6の何れか1項に記載の組成物を用いて製造した硬化体。

【請求項8】 有底無蓋筒状の容器本体と、この容器本体の上部開口を遮断自在な蓋とで構成されるとともに、前記容器本体及び前記蓋の少なくとも一方が

、請求項7に記載の硬化体を用いて成るコンクリートから形成されているコンクリートキャスク。

【請求項9】 前記硬化体から成るコンクリート製の前記容器本体には金属製の伝熱フィンが埋設装備されている請求項8に記載のコンクリートキャスク。

【請求項10】 請求項1～6の何れか1項に記載の組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度120～240℃、湿度80～100%で8時間以上養生する硬化体の製造方法。

【請求項11】 請求項1～6の何れか1項に記載の組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度60～120℃、湿度80～100%で24時間以上養生する硬化体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、使用済み核燃料等の放射性物質を長期に亘って保管するに好適なコンクリート貯蔵器に係り、詳しくは、組成物や構造の改良によって貯蔵性能を向上させる技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来のコンクリートキャスクとしては、特開2001-305275号公報や、特開2001-141891号公報に示されたものが知られている。前者の公報のものは、コンクリートキャスクのヒビ割れや水分の損失を防止し、耐久性の高いものとするため、キャスク表面を鋼板で覆い、かつ、コンクリートのヒビ割れ防止のために仕切板を配置したものである。

【0003】

後者の公報のものは、耐熱性の低い一般的なコンクリート混合体を使用したものである。この技術においてはコンクリートの温度制限の観点から、キャスクとキャニスター間にギャップを設け、吸気口・排気口を介して外部空気がキャスク内部を対流できるようにしてキャニスターを直接冷却し、コンクリートの温度上昇を防止する構成としている。また、よりコンクリート温度を下げるために、ラ

イナーや内部フィンを設けていた。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

前記二つの公報のうち前者の従来技術では、ヒビ割れは防止できるが耐熱性に劣るため、キャスク内部に外部空気を常に導入する必要がある。開口部は遮蔽体欠損部となるため、放射線のストリーミング（漏れ）が大きくなってしまう。また、外部空気にキャニスター（鉄製）の腐蝕を促進する物質（塩化物等）を含む可能性が高く、密封性能に問題が生じる可能性がある。

## 【0005】

後者の従来技術では、耐熱性の低いコンクリートを使用しているため、キャスク外部の空気をキャスク内部に導入する必要がある。このため構造が複雑になるとともに、万一、キャニスターが破損した場合に放射性ガスが外部に放出されるおそれがある。

## 【0006】

つまり、従来のコンクリートキャスクでは、コンクリートの耐熱温度が90℃以下と低いので、使用済み燃料から発生した崩壊熱によるコンクリートキャスク本体の温度上昇を抑える必要性から、キャスクに通風のための貫通孔を設ける等、その構造を複雑なものとせざるを得なかった。また、貫通孔を設ける構成とすると、外部空気がキャスク内部のキャニスターに直接触れるため、キャニスターが腐食するとか、それによってキャニスター内部の放射能が外部に洩れ出るといったおそれがあった。また、従来コンクリートでは、中性子遮蔽に有効な水素を自由水として保有しており、100℃以上の使用環境下では蒸発するために、中性子遮蔽性能が大幅に低下する問題があった。

## 【0007】

そこで、本発明の目的は、十分な耐熱性のある組成物を製造し、これを用いた密閉型のコンクリートキャスクを設計することにより、キャニスターの腐食を防ぎ、放射能が外部に洩れず、かつ、遮蔽体欠損部が無い為に遮蔽性能にも優れる安全性の高いキャスクの構築を可能とすることである。更に、100℃以上の使用環境においても、硬化体中の中性子遮蔽に有効な水分を確保することを可能に

することである。本発明では、実用的な使用環境温度として150℃を想定した。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するための本発明の組成物は、ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率が15～60mass%となるように混合されたものである。

## 【0009】

或いは、ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率が20～40mass%となるように混合されたものである。

## 【0010】

更には、上記何れかの組成物に、粒状、粉末状、纖維状の何れかの形状の鉄、炭素鋼、ステンレス鋼の少なくとも何れか1種類の金属材料が、水和反応による硬化後において含有率10～70mass%となるように混合された組成物である。

## 【0011】

また、上記何れかの組成物において、前記混合セメントが、高炉スラグ、高炉水砕スラグ、高炉徐冷スラグ、徐冷スラグ、転炉スラグ、銅スラグ、フェロニッケルスラグ、シリカフューム、フライアッシュ、石炭灰、白土、しらす、珪藻土、穀物灰、の少なくとも何れか1種類と、ポルトランドセメントとの混合物である組成物である。

## 【0012】

また、上記何れかの組成物に、水和反応による硬化後において中性子吸收材料が0.025～10mass%含有されるように混合された組成物である。

## 【0013】

更には、前記中性子吸收材料が、炭化ホウ素、ホウ酸、酸化ホウ素、フェロボロンボロン入りステンレス鋼のうちの少なくとも何れか1種類である組成物である。

## 【0014】

また、本発明の硬化体は、上記何れかの組成物を用いて製造したものである。

【0015】

加えて、有底無蓋筒状の容器本体と、この容器本体の上部開口を遮断自在な蓋とで構成されるとともに、前記容器本体及び前記蓋の少なくとも一方が、上記の硬化体を用いて成るコンクリートから形成されているコンクリートキャスクを提供する。

【0016】

更には、上記のコンクリートキャスクにおいて、前記硬化体から成るコンクリート製の前記容器本体には金属製の伝熱フィンが埋設装備されているコンクリートキャスクを提供する。

【0017】

また、上記何れかの組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度120～240℃、湿度80～100%で8時間以上養生する硬化体の製造方法を提供する。

【0018】

或いは、上記何れかの組成物、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度60～120℃、湿度80～100%で24時間以上養生する硬化体の製造方法を提供する。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について説明する。先ず、本発明にかかる組成物及び硬化体について説明する。

【0020】

本発明にかかる組成物は、ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率が15～60mass%となるように配合されたことを特徴としている。更には好ましくは、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率は、20～40mass%となるように配合される。

また、本発明に係る硬化体は、上記の組成物を用いて製造されたものである。

以上に示した水酸化カルシウムの含有率は、以下に説明する実験の結果を根拠とするものである。

なお、水和反応による硬化後の硬化体中に水酸化カルシウムを存在させるためには、以下に説明する実験のように、組成物に水酸化カルシウムそのものを含ませる（ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントに水酸化カルシウムを添加する）こととしてもよい。あるいは、組成物に他の材料を含ませる（ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントに他の材料を添加する）ことによって、水和反応による硬化後に硬化体中に水酸化カルシウムが前記含有率にて含まれるようとしてもよい。前記他の材料としては、例えば、酸化カルシウム（生石灰）が挙げられる。

#### 【0021】

##### (実験1)

本実験では、ポルトランドセメントとシリカフュームと金属材料と化学混和剤と水とを適宜の量だけ混合するとともに、水酸化カルシウムを様々な比率で混合した組成物及び硬化体を想定し、硬化体の相対線量率をシミュレーションにより算出した。ここで相対線量率とは、通常のコンクリートを用いたコンクリートキャスク中央部の線量当量率に対する、当該硬化体を用いたコンクリートキャスク中央部の線量当量率の比である。

図1には、水酸化カルシウムの含有率と相対線量率の関係が示される。なお、シミュレーションにおいて、鉄遮蔽体の厚みは20 (cm)、コンクリート遮蔽体の厚みは35 (cm) とし、燃料はPWR燃料、燃焼度を50,000 (MW D/MTU)、冷却期間を10年として計算した。

#### 【0022】

図1に示すように、水酸化カルシウム含有率が15 mass%になると、中性子に関する相対線量率は1程度となって、普通コンクリートと略同等の遮蔽性能を発揮することが判る。また、15 mass%を上回ると相対線量率が1を下回って、普通コンクリートよりも強力な遮蔽性能を発揮することが判る。一方、水酸化カルシウム含有率が60 mass%付近に至ると、相対線量率が横ばいとなって、遮蔽効果が収束することが判る。従って、硬化体の水酸化カルシウム含有率は15~6

0 mass%であることが好ましいと言える。

更には、図1に示すように、水酸化カルシウム含有率が増加するほど遮蔽性能が向上することが言えるが、水酸化カルシウム含有率が20 mass%以上であれば、中性子に関する相対線量率が0.5程度あるいはそれ未満となって、普通コンクリートキャスクに比しても遮蔽性能が相当に優れているといふことがいえる。また、前記含有率が40 mass%よりも大きくなると相対線量率は殆ど収束し、これ以上水酸化カルシウムを投入してもさほど効果が向上しないことが判る。従って、遮蔽性能を十分に確保しながら硬化体の製造コストを低減するという観点からは、硬化体の水酸化カルシウム含有率は20～40 mass%であることが好ましいと言える。

#### 【0023】

以上で説明したように、水酸化カルシウムの含有率は、15～60 mass%であるのが好ましく、更には、20～40 mass%であることが好ましいと言える。そして、当該組成物及び硬化体によると、中性子遮蔽性能に優れたコンクリートを製造することができるため、従来と比べて遮蔽体厚さを薄くすることができ、コンクリートキャスクのコンパクト化・軽量化に貢献できる。

また、上記実験において算出した結果は、硬化体が150°Cで使用されたときの結果であるが、450°C程度までは、硬化体中の水酸化カルシウムが分解することはないので、上記の硬化体が150°C以上の高温環境下で使用されても、同様の遮蔽性能を得ることができる。一方、比較した普通コンクリートの計算結果は常温における結果であるため、100°C以上の高温環境下では自由水が蒸発するため遮蔽性能が大きく低下する。従って本発明の硬化体は、高温下での中性子遮蔽性能において極めて優れている。なお、本発明では、実用的な使用環境温度として150°Cを想定した。

#### 【0024】

また、本発明の組成物は、粒状、粉末状、纖維状の何れかの形状の鉄、炭素鋼、ステンレス鋼の少なくとも何れか1種類の金属材料が、水和反応による硬化後の含有率10～70 mass%となるように混合されていることが望ましい。

この金属材料についての知見は、以下に説明する三つの実験（実験2～実験4

) から得られたものである。

## 【0025】

## (実験2)

本実験では、ポルトランドセメントとシリカフュームと水酸化カルシウムと化学混和剤と水とを適宜の量だけ混合するとともに、鉄（金属材料）を様々な比率で混合した組成物及び硬化体を想定し、硬化体の相対線量率をシミュレーションにより算出した。

図2には、鉄の含有率と相対線量率の関係が示される。なお、鉄遮蔽体の厚みは17(cm)、コンクリート遮蔽体の厚みは41(cm)とし、燃料はPWR燃料、燃焼度を50,000(MWD/MTU)、冷却期間を10年とした。

## 【0026】

図2に示すように、鉄（金属材料）含有率が10mass%以上になると、一次ガンマ線についての相対線量率が1.0を下回り、普通コンクリートと略同等或いはそれ以上の遮蔽性能が得られることが判る。更に、鉄の含有率が15mass%以上の領域では、従来の普通コンクリートに比した遮蔽性能の優位性が顕著に現れていることが判る。

## 【0027】

## (実験3)

本実験では、水酸化カルシウムを様々な混合比で、また、金属材料（鉄分と鋼纖維の混合物）を様々な混合比で、ポルトランドセメントに混合した組成物及び硬化体を想定し、硬化体内の両者の含有率と、当該硬化体の150°C環境下における含水比との関係を算出した。

この結果を図3に示す。図3において、横軸が水酸化カルシウムの含有率であり、縦軸が金属材料の含有率である。含有率がゼロであるということは当該材料が全く混合されていないということであり、含有率が1であるということはセメントを全て当該材料に置き換えたということを示す。従って、水酸化カルシウムの含有率と金属材料の含有率の和が1を超えることはあり得ない。

含水比はハッキングのスケールで表され、ハッキングの間隔が狭いものほど含水比が大きいことを示す。

## 【0028】

この図3からは、水酸化カルシウムの含有率を増大させると、含水比が増大することが判る。また、金属材料の含有率を増大させると、含水比は緩やかに減少することが判る。

## 【0029】

ここで、配合例の一例（その組成を以下の表1に示す）の位置が、図3の点P1で示されている。なお、この配合例に従うと、少なくとも一次ガンマ線について、従来のコンクリートと同程度の遮蔽性能が得られることが判っている。

## 【0030】

## 【表1】

単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
低熱 ポルトランドセメント	シリカフューム	水酸化 カルシウム	金属系材料		化学混和剤		水
			鉄粉	鋼繊維	高性能AE減水剤	消泡剤	
743	83	551	268	152	φ0.2 × 13mm ポリカルボン酸系	83	0 248

## 【0031】

一方、硬化体に少なくとも普通のコンクリートと同程度の遮蔽性能を発揮させるには、水酸化カルシウム含有率を15%（0.15）以上にすれば良いことは、前述の実験1（図1）に示したとおりである。

以上より、一次ガンマ線の遮蔽性能を確保するために前記配合例の金属材料含有率を維持しながら、コストを低減すべく水酸化カルシウム含有率を最小限の0.15とする配合、即ち、図3の点P2の配合を考えることができる。

そして図3によれば、この点P2の位置におけるコンクリートの150℃下での含水比は、丁度0.1である。従って、少なくとも150℃含水比を0.1以上に保てば、従前のコンクリートと同様の遮蔽性能を得られるといえる。

## 【0032】

図3において、150℃含水比が0.1以上であって、かつ、水酸化カルシウ

ム含有率が0.15以上0.6以下である領域は、図3の太い実線で囲まれた領域として得ることができる。更に、水酸化カルシウム含有率が0.2以上0.4以下である領域は、図3の点線に囲まれた領域として得ることができる。

そして、これら二つの領域ではいずれも、当該領域内のどこをとっても、金属材料の含有率は0.7 mass-ratio以下であることが判る。このことからは、水酸化カルシウム含有率が15~60 mass%の範囲でも、20~40 mass%の範囲でも、金属材料の含有率は0.7 mass-ratio以下であることがよいと言える。

#### 【0033】

##### (実験4)

次の実験では、硬化体内の水酸化カルシウムおよび金属材料の含有率と、当該硬化体の150℃環境下における密度との関係を算出した。この結果を示したのが図4であり、この図では硬化体の密度がハッチングスケールで表されており、ハッチングの間隔が狭いほど密度が大きいことを示している。

また、前述の表1の配合例に対応する点P1、および、当該配合例を基に水酸化カルシウムの配合を最小限とした配合に対応する点P2が、図4にも同様に示されている。

#### 【0034】

この図4によれば、前記点P2の150℃における密度が2.0 (g/cm<sup>3</sup>) であり、このことから、少なくとも従来のコンクリートと同等の遮蔽性能を達成するには、150℃における密度が2.0 g/cm<sup>3</sup>程度必要であることが分かる。

上記条件を満たし、かつ、水酸化カルシウム含有率が0.15以上0.6以下である領域は、図4の太い実線で囲まれた領域で示される。また、水酸化カルシウム含有率が0.2以上0.4以下である領域は、図4の太い点線で囲まれた領域で示される。

これを考慮して、水酸化カルシウム含有率が15~60 mass%の範囲では、金属材料の含有率は0.2 mass-ratio以上、また、水酸化カルシウム含有率が20~40 mass%の範囲でも金属材料の含有率はほぼ0.2 mass-ratio以上であることがよいと言える。ただし、上記配合例の性能（即ち、点P1で示される性能であって、150℃における密度が1.8 g/cm<sup>3</sup>程度）で十分であるとするならば

、金属材料の含有率は0. 1 mass-ratio以上で構わないと言える。

【0035】

以上をまとめると、金属材料の含有率は、10～70 mass%であるのが好ましいと言える。そして、当該硬化体によると、ガンマ線遮蔽性能に優れたコンクリートを製造することができるため、従来と比べて遮蔽体厚さを薄くすることができる。

【0036】

(実験5)

次に、硬化体についての性能実験を以下のとおり行った。

即ち、水酸化カルシウムおよび金属材料が種々の割合で混合されたポルトランドセメント硬化体において、その圧縮強度と、水酸化カルシウム及び金属材料（鉄分と鋼纖維の混合物）の含有率との関係を、図5に示す。

【0037】

図5において、水酸化カルシウム含有率が15～60 mass%、かつ、金属材料含有率が10～70 mass%以上の領域を、太線で囲って示す。これによれば、上記条件の組成物は、図5からは10～110 MPa程度の圧縮強度が発現されるという知見が得られる。

このように、本発明の範囲内の水酸化カルシウム及び金属材料の含有率である限り、十分な圧縮強度が確保されるということが言える。

【0038】

また、組成物に中性子吸収材（ボロン化合物）を添加することによる効果は次のようである。即ち、中性子が遮蔽体で遮蔽される際に、遮蔽材に含まれる元素と反応して二次ガンマ線が発生するが、ボロン化合物を添加することで、中性子が吸収されるために二次ガンマ線の発生を抑制することができる。

【0039】

図6の表、及び図7のグラフは、ボロン化合物として炭化ホウ素を添加した場合の炭化ホウ素中のボロンの添加率と、ボロンを添加していない場合を基準にした相対線量当量率の関係を計算した結果を示している。これらの結果から、ボロンを0.025 mass%添加すれば、二次ガンマ線を半分以下に減らせることが判

る。

## 【0040】

合計線量当量率に着目すると、ボロンを添加していくに伴い、合計線量当量率は当初、二次ガンマ線を低減させることによる効果で除々に減少し、1.0 mass %程度で最小値となるが、その後増加する。これは、二次ガンマ線の低減効果は収束するが、ボロンの添加量が増えることで、逆にガンマ線及び中性子の遮蔽に寄与する元素が相対的に減少するためである。又、ボロン添加率は、本来の遮蔽機能を有する元素の比率を相対的に低くすることになるので、同じ効果が得られるのであれば、その添加率は少ない方が望ましい。以上のことから、ボロン添加率等の中性子吸収材の添加率には最適な範囲があり、0.025～10.0 mass %の範囲であることが望ましい。

また、当該硬化体への金属添加材としてボロン入りステンレス鋼を使用する場合には、一次ガンマ線及び中性子の遮蔽性能を低下させることなく、二次ガンマ線の低減効果が得られる。

## 【0041】

次に、上述の組成物及び硬化体を用いたコンクリートキャスクについて説明する。

図8は密閉容器であるキャニスターを使用した貯蔵専用コンクリートキャスクを示す縦断面図および横断面図、図9は図8のコンクリートキャスクによる貯蔵状態を示す一部切欠斜視図である。

図10は輸送貯蔵兼用コンクリートキャスクを示す縦断面図および横断面図、図11は図10のコンクリートキャスクによる輸送貯蔵状態を示す一部切欠斜視図である。

## 【0042】

## -第1実施形態（貯蔵専用コンクリートキャスク）-

図8及び図9に示される貯蔵容器（貯蔵専用コンクリートキャスク）Aは、有底無蓋筒状の容器本体1と、その蓋2とから構成されている。この貯蔵容器Aは貯蔵専用キャスクとして用いられるものであり、内部にキャニスターaを有している。

## 【0043】

容器本体1は、セメントに水酸化カルシウムを加えた前述の硬化体を用いてなるコンクリート製の容器3を、炭素鋼製の外筒4、炭素鋼製の底カバー5、炭素鋼製で厚さの厚いフランジ6、及び炭素鋼製の内筒7で覆ったものに構成されている。

蓋2は、同様に前述の硬化体を用いてなるコンクリート製の蓋部材8を、炭素鋼製で厚さの厚い上部蓋9と、炭素鋼製の下部カバー10で覆ったものに構成されている。図8 (b) や図9に示すように、容器3には銅、炭素鋼又はアルミ合金製の伝熱フィン11が螺旋放射状に配列された状態で多数埋設装備されている。また図9に示すように、蓋2には密封監視装置12が装備されている。

## 【0044】

キャニスターaは、容器本体13及び蓋14から構成された密封容器であり、その内部には図9に示すように、使用済み核燃料等の放射性物質xが充填されている。

## 【0045】

内外筒7、4は、内外筒7、4を結ぶ伝熱フィン11が取付けられること、及び、コンクリート注入時のふくれ防止の必要性を考慮して、最小の厚としてあり、必要な遮蔽厚さは、全てコンクリートで保証する構造である。貯蔵専用キャスクは軽量化が特に厳しく要求されるものではないために、このような構造が可能となっている。尚、鉄製の内外筒7、4には遮蔽性能はそれほど必要とはしていない。

## 【0046】

なお、収納する使用済燃料の発熱量が低い場合には、伝熱フィン11を省略することが可能である。

## 【0047】

キャスク内部は、バスケット（開放型）でも、キャニスター（密封型）でも可能であるが、バスケットの場合には、蓋を二重構造とし、金属キャスクと同様、内部の密封性能をモニターする構造とするために、蓋は金属製となる。キャニスターの場合には、密封性能のモニターが必ずしも要求されないので、コンクリー

ト製の蓋とすることができます。

## 【0048】

—第2実施形態（輸送貯蔵兼用コンクリートキャスク）—

図10及び図11に示す輸送貯蔵容器（輸送貯蔵兼用コンクリートキャスク）Bは、有底無蓋筒状の容器本体21と、その蓋22とから構成される。この輸送貯蔵容器Bは輸送貯蔵兼用キャスクとして用いられるものであって、その内部にバスケットbを有している。

## 【0049】

容器本体21は、遮蔽コンクリート製の筒体24を、炭素鋼製の外筒25、炭素鋼製の本体フランジ26、炭素鋼製の内筒27、及び炭素鋼製の底遮蔽板28で覆ったものに構成されている。図10(a)に示すように、内筒27の底部分27aには、下方側から接する中性子遮蔽材で成る底遮蔽板28が装備されており、この遮蔽板28は、炭素鋼製のリングサポート29と、炭素鋼製の底カバー板30とで覆われている。尚、図11の符号35は、外筒25に装備されたトラニオンである。図10(b)や図11に示すように、筒体24には、螺旋放射状に配列された銅、炭素鋼又はアルミ合金製の伝熱フィン31が多数埋設装備されている。

## 【0050】

図10(a)や図11に示すように、蓋22は、炭素鋼製の一次蓋23と二次蓋32との二重蓋構造とされている。二次蓋32は、中性子遮蔽材で成る蓋遮蔽板33を炭素鋼で覆った構造に構成されている。蓋22には図11に示すように、密封監視装置34が装備されている。また、バスケットbには使用済み核燃料等の放射性物質xが充填されている。

## 【0051】

—両実施形態について—

輸送容器は特別の試験条件（落下試験等）に耐える必要があるため、第2実施形態のキャスクは、その外筒25を貯蔵専用の第1実施形態のキャスクよりも、少し厚くしなければならない。さらに、全体重量及び外径寸法も原子炉内でのハンドリング上の制限から限定されるので、内筒27の厚さで調整する。内筒27

は通常、貯蔵専用のものよりも、かなり厚くなる。第2実施形態では、内筒27で積極的にガンマ線を遮蔽することで、全体の寸法と重量を小さくする構成となっている。

## 【0052】

内筒27の底部27aでの中性子遮蔽のための構成としては、コンクリートの使用も可能であるが、重量制限を考慮すると、コンクリート以外の高性能中性子遮蔽材を用いる方が良い。内部はバスケットを収納する構造とし、蓋は金属製で二重構造(23, 32)とし、密封性能のモニターを実施できるようにする。

## 【0053】

本発明のコンクリートキャスクは、高温環境下でもその含水比を保持できる耐熱コンクリートの開発によって可能となるものであり、完全な密封型であるため、放射線の遮蔽性能が向上するとともに、万一、内部のキャニスターから放射性物質等が漏洩しても、密封機能を持つ二次バリアとしての機能が発揮できるのである。

## 【0054】

密封型キャスクは、密封型であるために通気口が無くコンクリート温度が上昇し易い。そして、高温(最高150℃を想定)では、コンクリート内での水分の保持が困難で、中性子遮蔽能力が劣化する。そこで、150℃においても必要な水分が保持できるコンクリートを開発したのである。

## 【0055】

即ち、本出願の発明者は、100℃以上でも水分が逸散しないように水分を結晶体として保持させるという発想に立ち、セメントと親和性が高く、かつ、水分結晶体の占める割合の高い水酸化カルシウムを加えたのである。さらに、水分量保持に寄与できないセメント分以外の骨材の使用を控えたのである。

一方で、多量の水酸化カルシウムの添加は密度の低下を招き、ガンマ線の遮蔽能力が低下することから、その密度を維持すべく、骨材より比重の大きな鉄粉や鋼纖維を用いた。これらの材料の添加は力学特性の改善にも有効であり、特に耐衝撃性等が要求される輸送用キャスクにおいてこの特長が活かされる。このようにして、150℃においても所定の水分量と密度とを確保することができたので

ある。

なお、先に述べたように、硬化体に水酸化カルシウムを含有させるためには、水酸化カルシウムそのものを添加する以外にも、例えば酸化カルシウムを硬化前の組成物に含有させてもよい。

【0056】

—別実施形態—

コンクリートキャスクに使用されるセメント材料としては、様々なバリエーションが考えられる。普及しているポルトランドセメントを用いるのが最も一般的であるが、混合セメントを用いても構わない。なお、水和熱の発生を抑える観点からは、低熱ポルトランドセメントを用いることが望ましい。

また、前記混合セメントとしては、本発明においては特に限定するものではないが、例えば、高炉スラグ、高炉水碎スラグ、高炉徐冷スラグ、徐冷スラグ、転炉スラグ、銅スラグ、フェロニッケルスラグ、シリカフューム、フライアッシュ、石炭灰、白土、しらす、珪藻土、穀物灰、の少なくとも何れか1種類と、ポルトランドセメントとの混合物をその一例として挙げることができる。

また、前述の中性子吸収材料は、炭化ホウ素、ホウ酸、酸化ホウ素、フェロボロン、ボロン入りステンレス鋼を使用することができる。

また、伝熱フィンは銅、炭素鋼、アルミ合金製に限らず、例えばステンレス鋼で構成されるものであっても良い。

【0057】

次に、本発明にかかる硬化体の製造方法について説明する。

【0058】

本発明の硬化体の製造方法は、上記で説明した本発明にかかる何れかの組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度120～240℃、湿度80～100%で8時間以上養生することを特徴とする。また、更には、温度60～120℃、湿度80～100%で24時間以上養生することが好ましい。

組成物に水を加える以外に、必要に応じて他の材料を添加してもよい。例えば、先述の実験で行ったように化学混和剤を添加してもよい。必要であれば骨材を加えることも考えられる。

また、養生時には、脱型してもよいし、或いは型枠を設置したままでもよい。

## 【0059】

## 【実施例及び比較例】

以下に、本発明の硬化体の製造方法を実施例及び比較例によって具体的に説明する。

## 【0060】

## (実施例)

表2に示す配合で、混練及び成形後、温度20℃で48時間密封養生の後、温度90℃、温度100%で、48時間養生した。そして、圧縮強度と、150℃での性状（含水率・密度）を測定した。結果を表3に示す。

## 【0061】

## (比較例)

比較例1として、表2に示す配合で、混練及び成形後、温度20℃で28日間密封養生した。また、比較例2として、表2に示す配合で、混練及び成形後、温度20℃で91日間密封養生した。そして、圧縮強度と、150℃での性状（含水率・密度）を測定した。結果を表3に示す。

## 【0062】

## 【表2】

単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								
低熱 ポルトランドセメント	シリカフーム	水酸化 カリウム	金属系材料		化学混和剤		水	
			鉄粉	鋼織維	高性能AE減水剤	消泡剤		
				φ0.2 × 13mm	ポリカルボン酸系			
907	129	672	513	185	91	16	256	

## 【0063】

【表3】

	圧縮強度 (MPa)	150 ℃での性状	
		含水率(%)	密 度(g/cm <sup>3</sup> )
実施例	109	12	2.2
比較例1	92	12	2.2
比較例2	112	12	2.2

## 【0064】

以上示した実施例及び比較例によると、本発明にかかる硬化体の製造方法であると、高い圧縮強度を実現しながら、かつ、150℃という高温環境下において、従来並に高い含水率と密度を保有する硬化体を極めて短期間で製造することができる。

## 【0065】

## 【発明の効果】

今回の組成物及び硬化体を用いることで、高レベル廃棄物、使用済燃料等の発熱体を収納するバスケット、或いはキャニスターとコンクリートキャスク本体間に除熱のための空気通路を設ける必要が無いコンクリートキャスクを実現することができたのである。その結果、耐熱性コンクリートを使用することにより、通気口開口部が無いため、遮蔽体欠損が無く放射線の漏れがない、つまり放射能閉じ込めが完全であり、キャニスターが腐蝕しないという高い安全性を得るとともに、シンプルでコストの安い有用なキャスクを提供することができた。

## 【0066】

又、コンクリート製の容器本体に金属製の伝熱フィンを埋設装備すれば、コンクリートキャスクの内外筒の伝熱性が向上し、コンクリートの熱伝導率がそれ程良くないことを補うことができるので、フィン無しでの許容発熱量が通常は制限されることから開放され、内部に収納される使用済燃料の発熱量が高い場合でも、コンクリートが使用可能となる利点がある。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】

水酸化カルシウム含有率と相対線量当量率を示すグラフである。

【図2】

鉄の含有率と相対線量当量率を示すグラフである。

【図3】

150℃での硬化体の含水比と、金属材料・水酸化カルシウムの含有率を示すグラフである。

【図4】

150℃での硬化体の密度と、金属材料・水酸化カルシウムの含有率を示すグラフである。

【図5】

圧縮強度と、金属材料・水酸化カルシウムの含有率を示すグラフである。

【図6】

ボロン添加率と相対線量当量率を示す図表である。

【図7】

ボロン添加率と相対線量当量率との関係グラフを示すグラフである。

【図8】

密閉容器であるキャニスターを使用した貯蔵専用コンクリートキャスクを示し、(a)は縦断面図、(b)は横断面図である。

【図9】

図8のコンクリートキャスクによる貯蔵状態を示す一部切欠きの斜視図である。

【図10】

輸送貯蔵兼用コンクリートキャスクを示し、(a)は縦断面図、(b)は横断面図である。

【図11】

図10のコンクリートキャスクによる輸送貯蔵状態を示す一部切欠きの斜視図である。

【符号の説明】

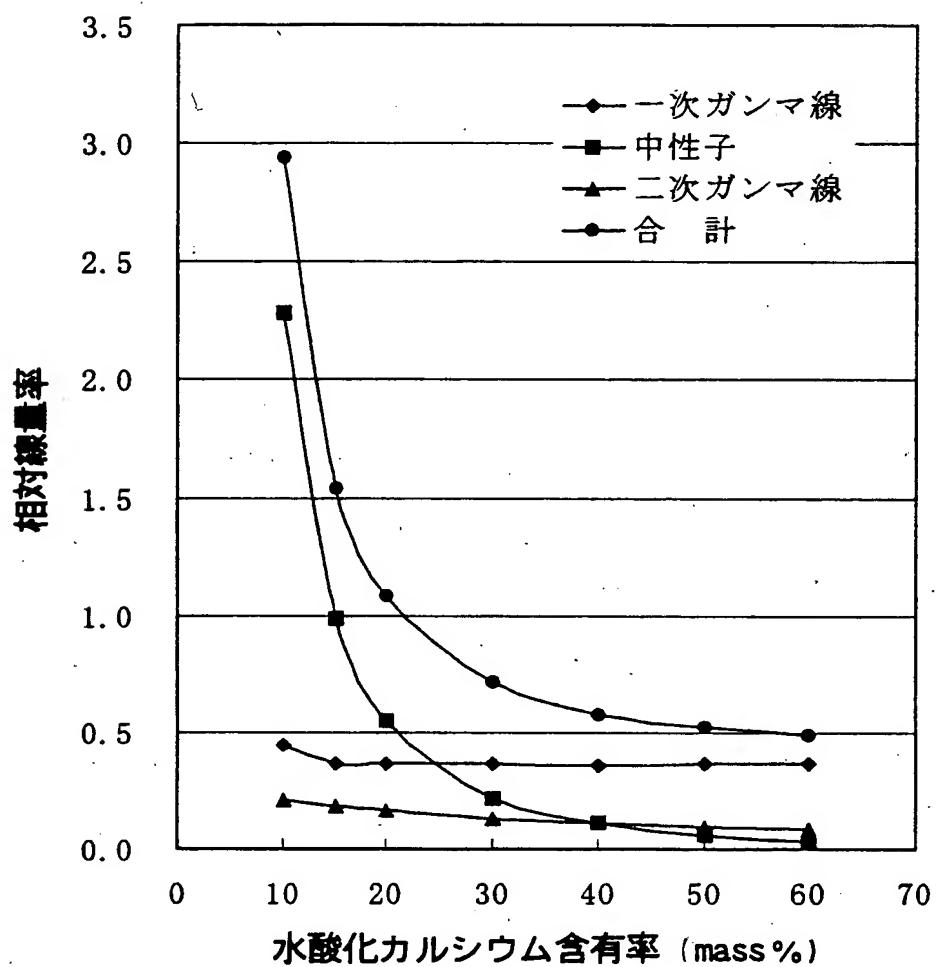
1, 21 容器本体

2, 22 蓋

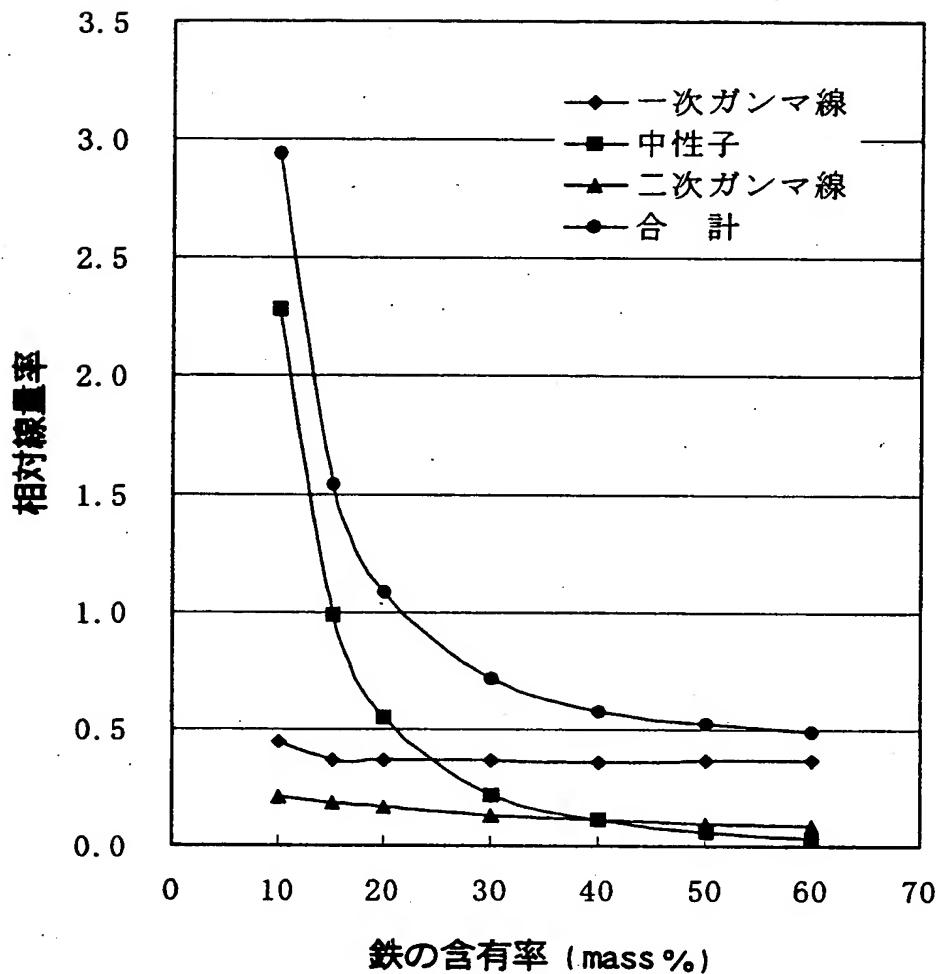
11, 31 伝熱フィン

【書類名】 図面

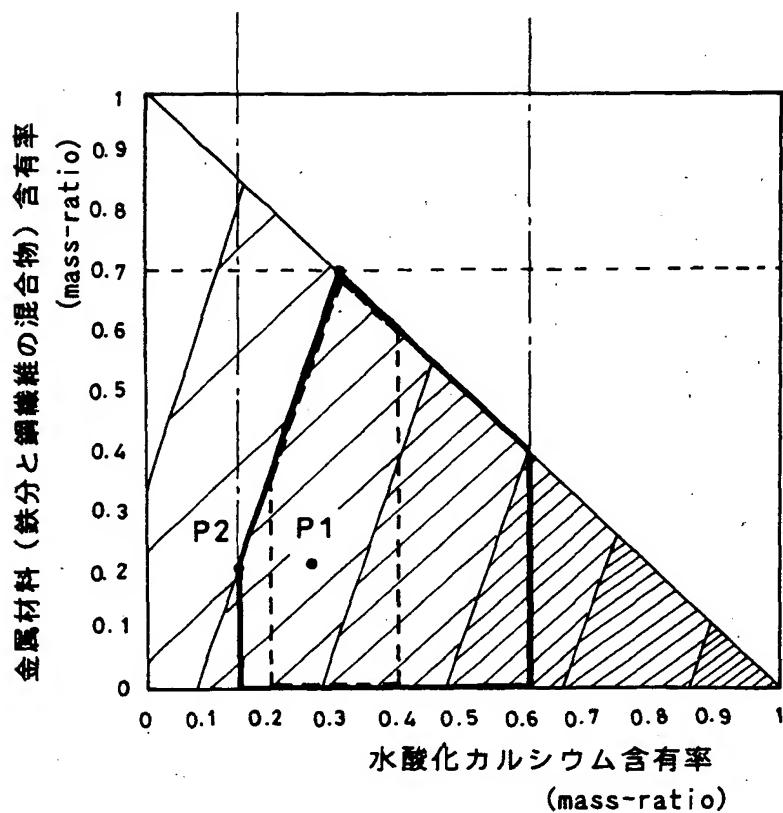
【図1】



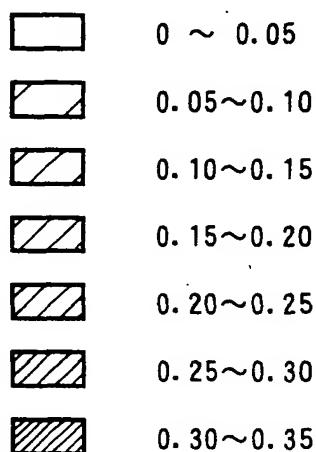
【図2】



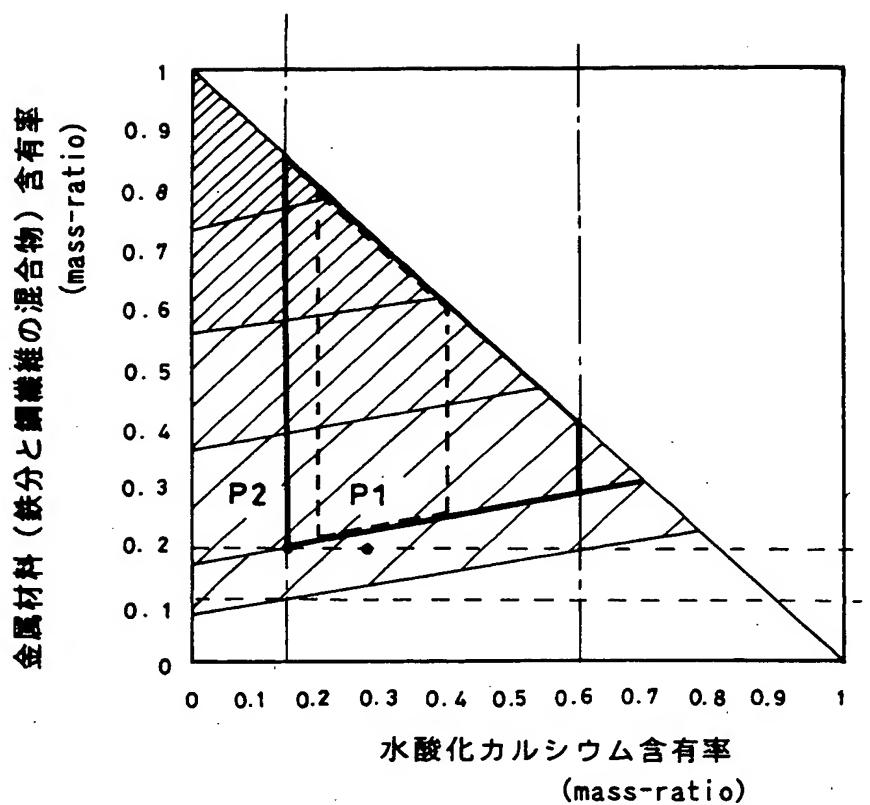
【図3】



150℃でのコンクリートの含水比 (mass-ratio)

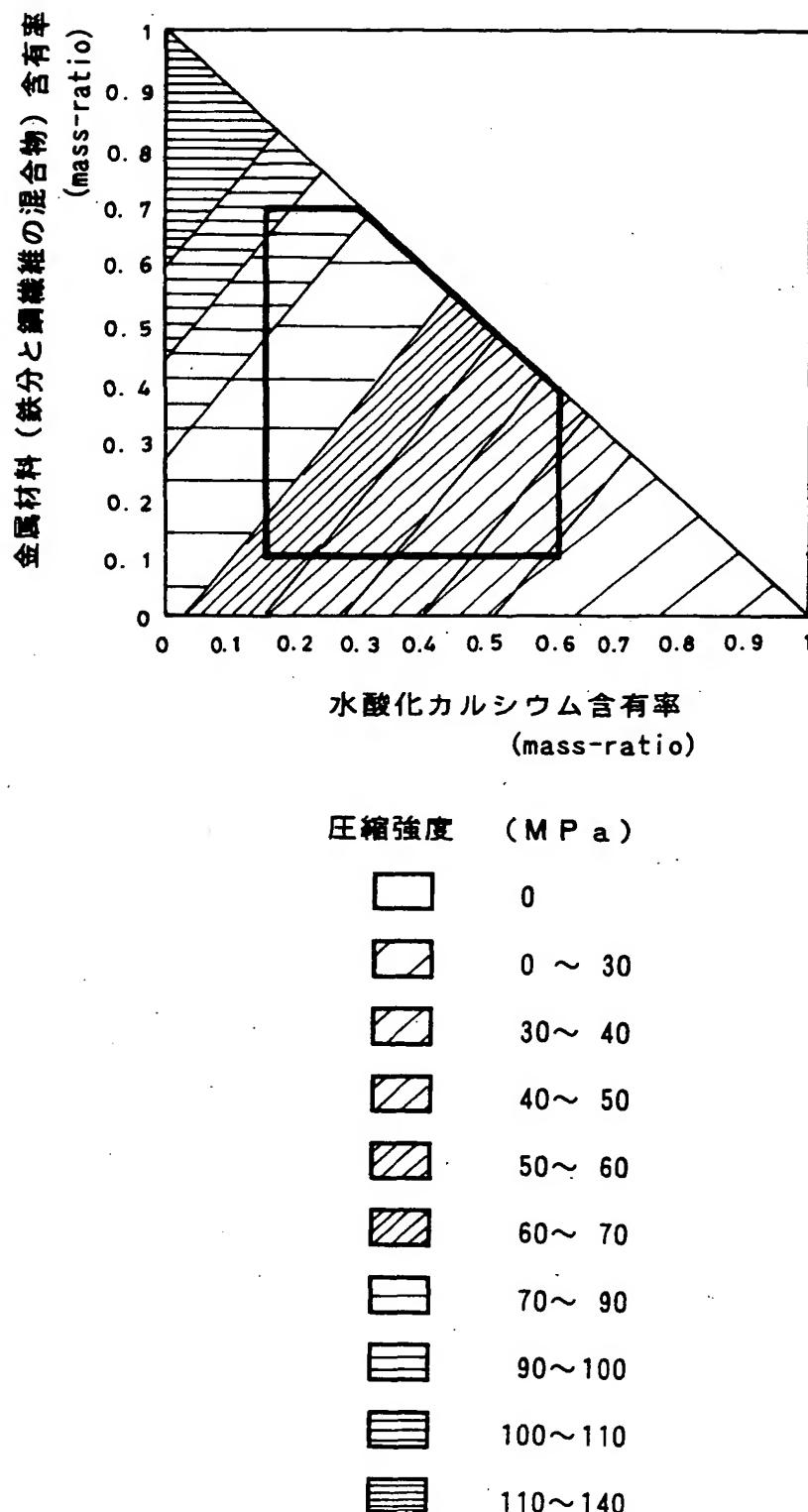


【図4】

150℃でのコンクリートの密度 (g/cm<sup>3</sup>)

□	1 ~ 1.8
□/\\	1.8 ~ 2.0
□/\\/	2.0 ~ 2.3
□/\\//	2.3 ~ 2.8
□/\\///	2.8 ~ 3.2
□/\\///\\	3.2 ~ 4.0

【図5】

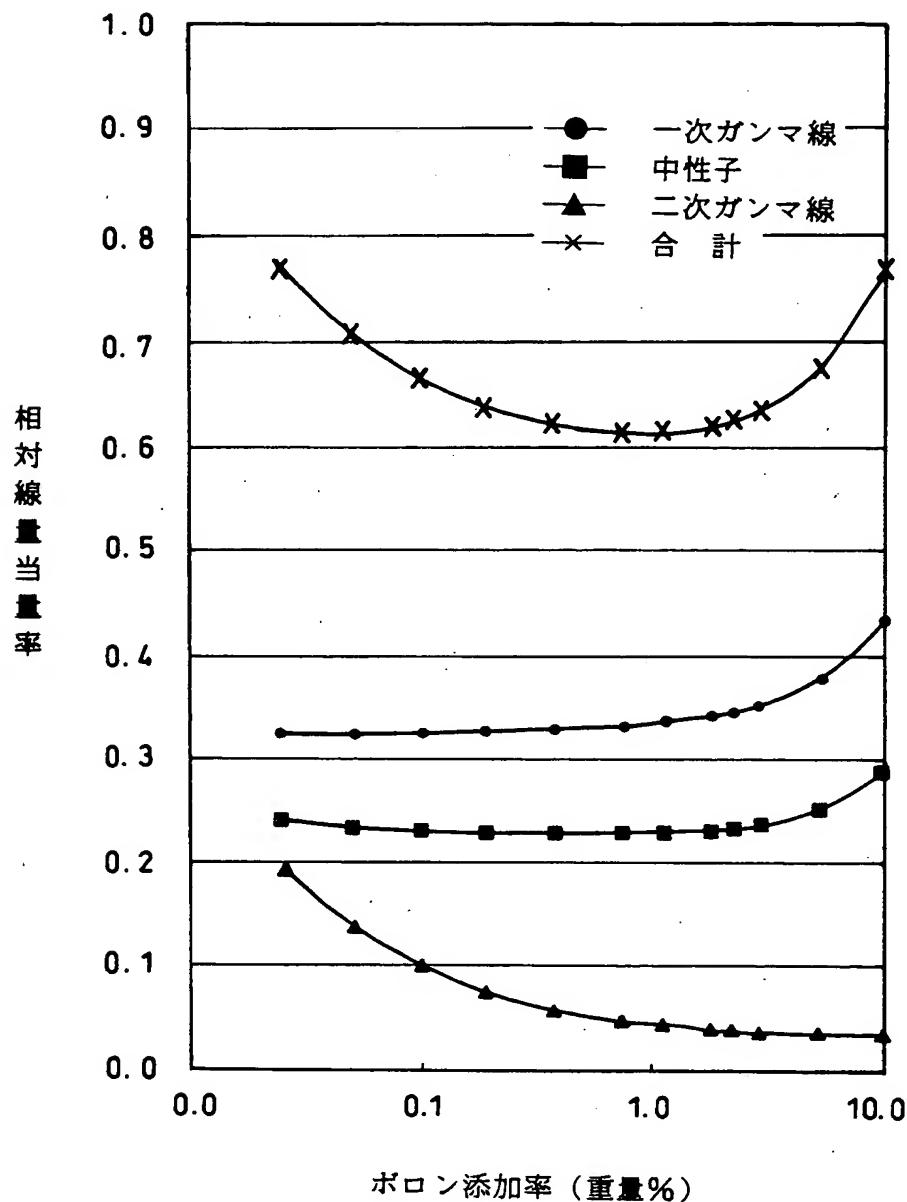


【図6】

## ボロン添加率と相対線総量当量率

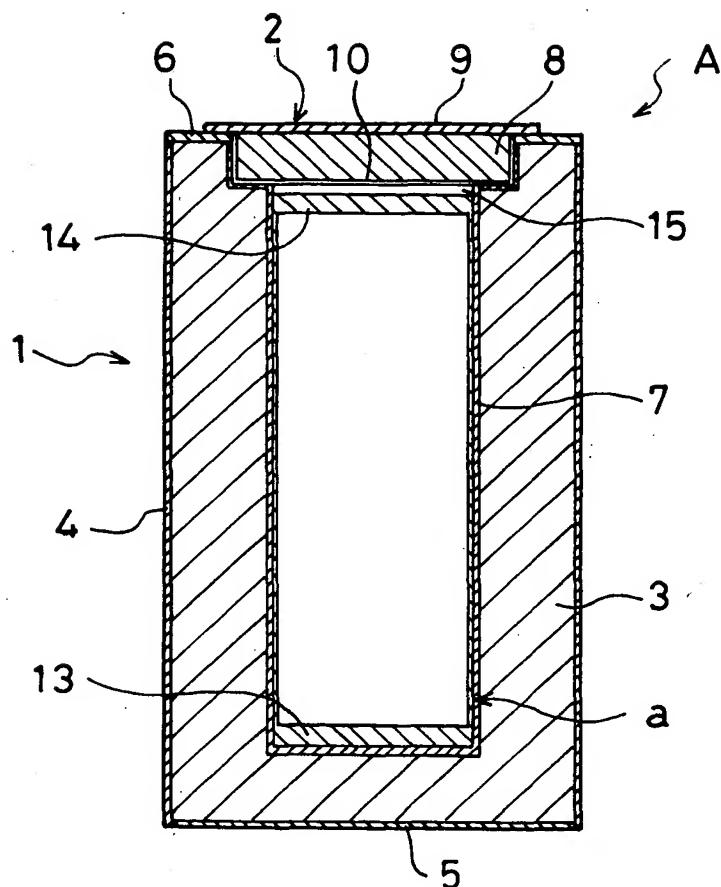
B添加量	ガンマ線	中性子	二次ガンマ線	合計
0	0.33	0.27	0.40	1.00
0.025	0.33	0.24	0.20	0.77
0.05	0.33	0.24	0.14	0.71
0.1	0.33	0.23	0.10	0.67
0.2	0.33	0.23	0.08	0.64
0.4	0.33	0.23	0.06	0.62
0.8	0.34	0.23	0.05	0.62
1	0.34	0.23	0.05	0.62
2	0.35	0.23	0.04	0.62
3	0.36	0.24	0.04	0.64
5	0.39	0.26	0.04	0.68
10	0.44	0.29	0.04	0.77

【図7】

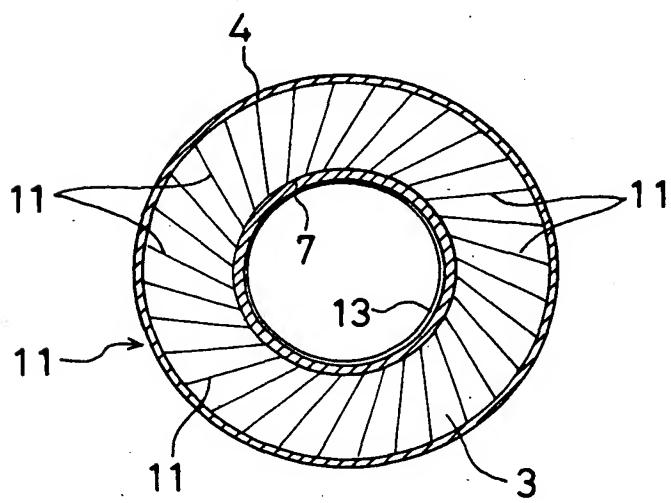


【図8】

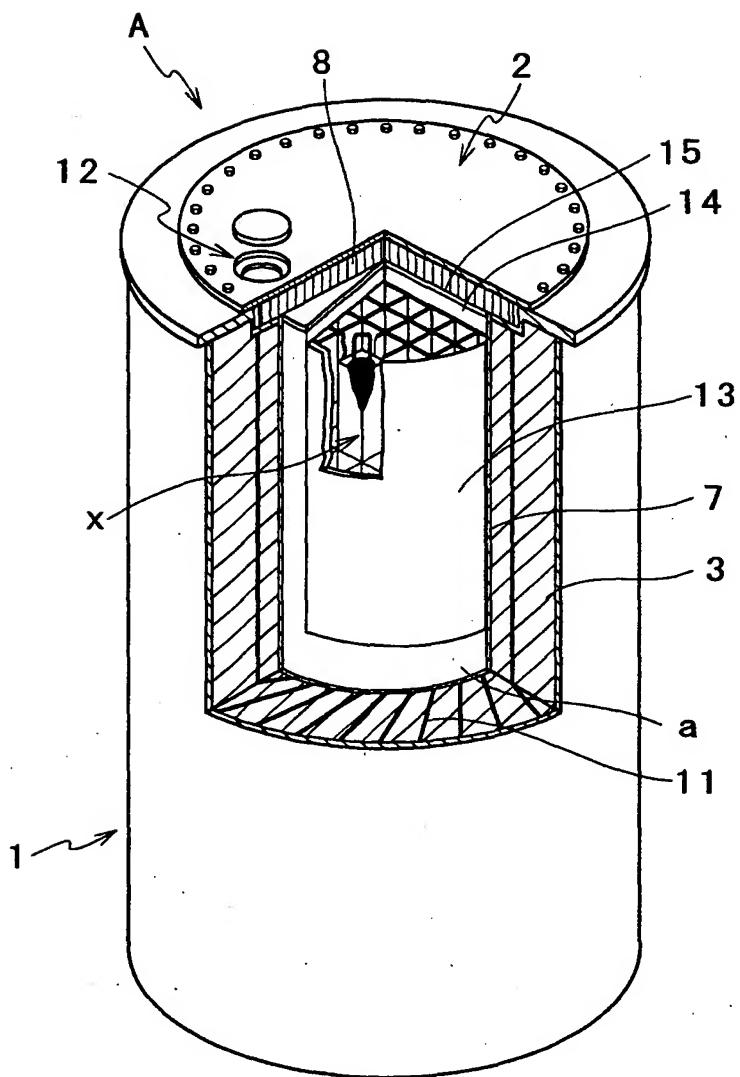
(a)



(b)

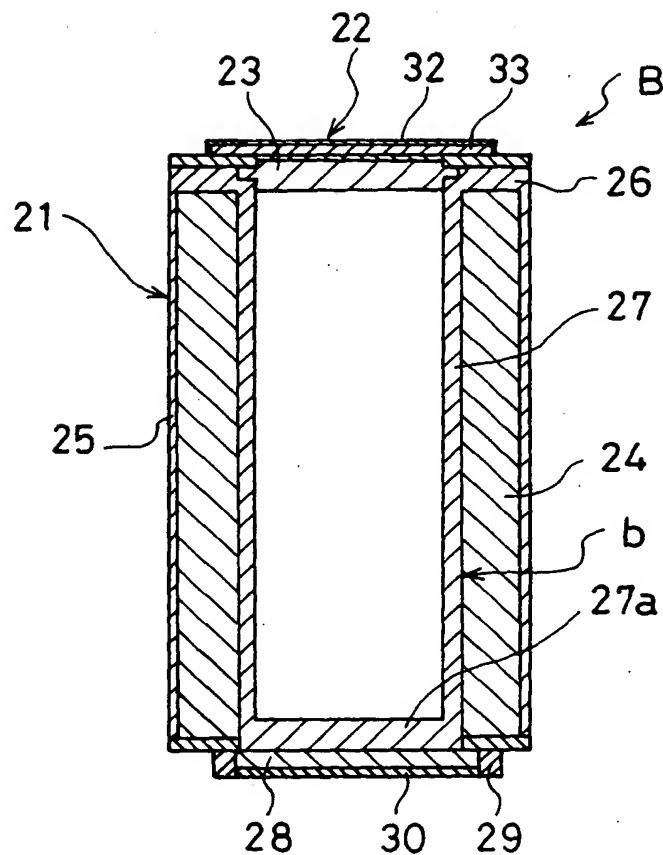


【図9】

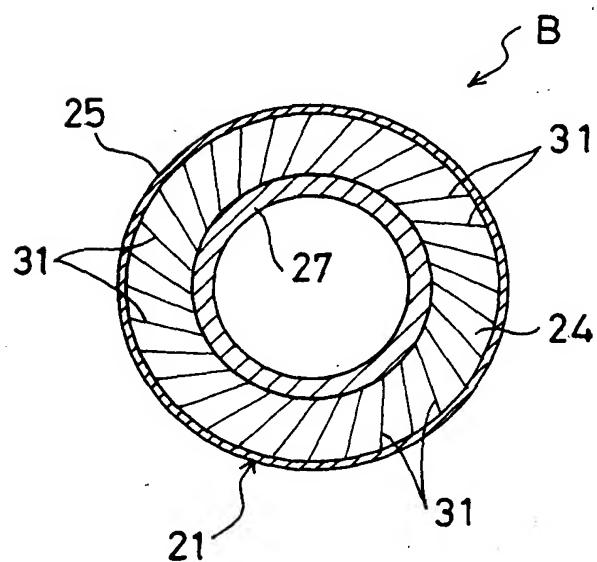


【図10】

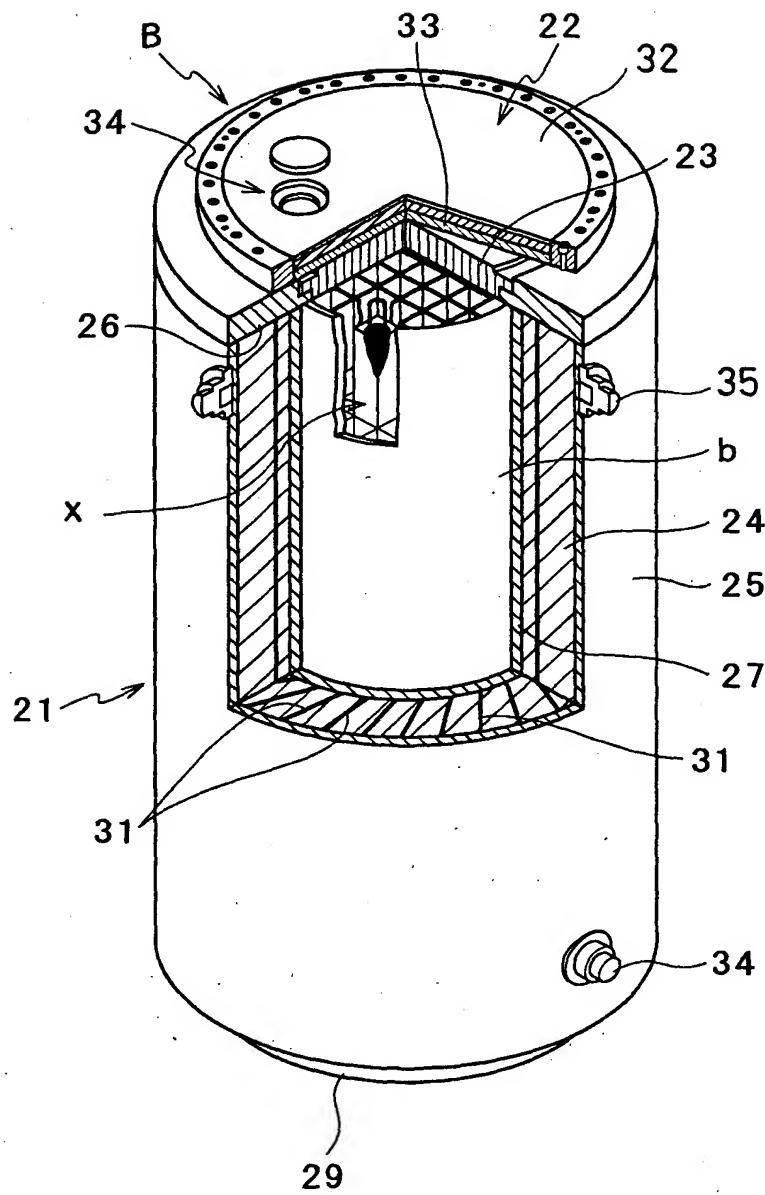
(a)



(b)



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 十分な耐熱性のある組成物及び硬化体を製造し、これを用いた密閉型のコンクリートキャスクを設計することにより、キャニスターの腐食を防ぎ、放射能が外部に洩れず、かつ、遮蔽体欠損部が無い為に遮蔽性能にも優れる安全性の高いキャスクの構築を可能とする。

【解決手段】 有底無蓋筒状の容器本体1と、この容器本体1の上部開口を遮断自在な蓋2とで構成されるとともに、容器本体1及び蓋2の双方が、ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントを用いた組成物から製造された硬化体であって、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率が15～60mass%である硬化体から形成されたコンクリートキャスクとする。容器本体1には金属製の伝熱フィン11が埋設装備されている。

【選択図】 図9

出願人履歴情報

識別番号 [000001199]

1. 変更年月日 2002年 3月 6日

[変更理由] 住所変更

住 所 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号

氏 名 株式会社神戸製鋼所

出願人履歴情報

識別番号 [000206211]

1. 変更年月日 1990年 8月21日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都新宿区西新宿一丁目25番1号  
氏名 大成建設株式会社